

제진 강판의 블랭킹가공 특성에 관한 연구

이광복* · 이용길** · 김종호**

A Study on the Blanking Characteristic of Anti-Vibration Sheet Metal

K. B. Lee, Y. G. Lee, J. H. Kim

Abstract

In order to study the shearing characteristics of anti-vibration sheet metal which has been bonded by resin, a blanking die of 40.02mm was manufactured to blank a material and it is used to reduce vibrational noise. The variables employed in this study were 1) Clearance 2) types of stripper plate, and 3) types of the die design technique. These variables were used to study the effects on burr height, diameter of product, and camber height. Lastly, the effect of the position of the rubber during blanking was observed. In the case of burr height from experimental investigation, the push-back die, combined with a movable stripper plate, resulted in the concentration of additional pressure between the cutting edges, meaning the crack initiation was delayed. This result was not affected by lubrication, although appropriate lubrication is preferred to enable a longer lasting die in terms of wear, which results from the presence of adhesive as the sheet metal is blanked. In the comparison of diameter measurement, the push-back die, combined with the back pressure from the knock-out plate showed a favorable precision. The use of the push back die with a fixed stripper plate, with a 4.5% clearance, showed better accuracy in the diameter measurement. For comparing camber height, the push back die resulted in less cambering than the drop-through die. Also, the larger the clearance, the greater was the camber height. Considering experimental results, the shearing of anti-vibrational sheet metal is best achieved when the rubber is laying on the top, blanked with a fixed-stripper plate in a push-back die, with a 4.5% clearance.

Key Words : Anti-vibration sheet metal(제진강판), Clearance(틈새), Stripper plate(스트리퍼판), Burr(버)
Drop-through die(관통다이), Push-back die(푸시백 다이), Camber(캠버)

1. 서론

자동차, 가전, 건축자재 등의 사용에 있어서 쾌적한 환경을 위한 진동 소음을 줄이기 위하여 이 분야에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 미국, 일본 등 여러 나라에서는 제진 강판이 활발히 이용되며 연구 개발되고 있으나 국내에서는 아직 제진 강판에 대한 연구가 초보적인 단계이고 외국으로부터 수입하여 생산하고 있다. 이러한 이유로 국내에서도 제진 강판의

가공 특성을 조사하여 블랭킹 금형설계 시 보다 효율적이며 경제적으로 할 수 있는 방안을 조사하고, 성형품에 발생하는 불량현상에 대한 실험적 조사를 통하여 불량현상의 원인을 규명함으로써 제진 강판의 전단 및 성형기술을 향상시킬 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 쾌적한 작업환경을 위해 필요한 소음 및 진동을 감소시키기 위해 여러분야에서 사용되는 제진 강판의 전단가공에 대한 특성을 연구하고자 한다.

* 서울산업대학교 산업대학원 정밀기계공학과, (현)울브린코리아 (주)

** 서울산업대학교 금형설계학과

제진 강판이 아닌 일반 강판의 연구 동향을 살펴 보면 前田禎三^[1]은 전단가공에서 나타나는 현상을 규명하기 위해 펀치의 시어각과 틈새의 영향, 펀치 속도에 따른 제품의 정밀도 등에 대해 기초 실험을 수행하였다. Maiti 등^[2]은 0.1~1.0mm의 얇은 연강판을 사용하여 10~40mm의 원형 블랭킹 실험을 수행하였고 이를 통하여 펀치 틈새, 마찰, 소재의 두께, 펀치와 다이의 크기, 블랭크 레이아웃(layout) 등의 공정변수에 대한 영향을 분석하였다.

제진 강판의 전단가공에 대한 연구 동향을 살펴 보면 Murakawa와 Koga^[3]는 경량화 라미네이트 강판과 제진 강판의 수지 복합 강판의 전단 특성을 실험적으로 조사하여 라미네이트 강판의 전단을 편측지지 다이의 전단과 원형블랭킹 어느 경우에도 전단 작업시 재료의 굽힘을 방지한 다이 형상으로 전단을 하면, 즉 역 압력(counter pressure)을 주는 녹아웃 패드를 설치하면 굽힘 등의 변형이 적은 직각도가 좋은 절단면이 얻어지고, 수지면에 있어서는 박리의 발생이 방지되며 고속전단을 실시하면 수지면의 절단면이 향상되는 결과를 발표하였다.

Yamasaki와 Ozaki^[4]는 경사전단 가공에서 절단면이 소재 판면에 경사되어 있는 결점이 있지만 전단면이 평탄하고 버와 처짐(roll over)이 적으며 수지의 돌출이 거의 없는 이점이 있고, 또한 수지의 돌출에 의한 외관, 도장성의 악화가 문제가 되는 경우와 절단면을 접착제 등으로 접합하는 경우 등에는 유익한 방법으로 적용될 수 있다. 경사각의 증가에 따라서 처짐과 버의 높이가 작아지고 전체적으로 일반 전단과 비교할때 평탄한 절단면이 얻어진다고 발표하였다.

본 연구에서는 제진 강판의 전단 가공특성을 조사하기 위하여 틈새, 스트리퍼 판 방식, 윤활 유무, 다이 플레이트 설계방식, 소재 장착 방법 등을 변화시키면서 절단면의 상태, 치수 및 형상 정밀도 등을 체크하여 깨끗한 절단면과 캠버가 적은 제품의 가공이 가능한 최적의 전단가공 조건을 조사하고자 한다.

2. 실험장치 및 실험방법

2.1 시편의 종류

본 실험에 사용한 재료는 Fig. 2-1 과 같이 고무와 접착제, 강판 2 매, 이형 페이퍼로 이루어진 제진 강판(모델 18691)으로 전체두께가 1.128mm이며, 원 소재의 평면도를 측정하기 위하여 Ø500mm로 감겨져 있는 코일재료에서 50*50mm의 시편을 준비하여 측

정한 결과 0.07mm로 나타났다. Fig. 2-1은 제진 강판의 구성을 나타냈다.

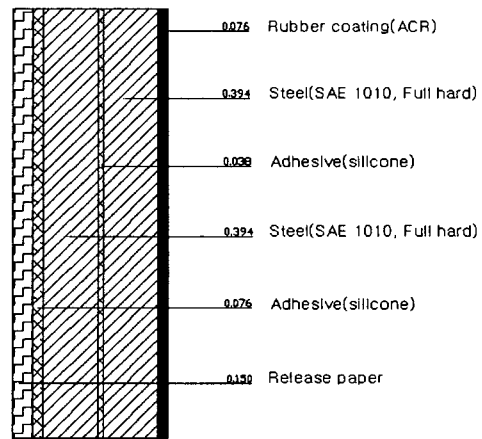


Fig. 2-1 Composition of anti vibration sheet metal

2.2 소재의 기계적 성질

제진 강판의 기계적 성질을 파악하기 위하여 KSB 0801 규격의 13호 시편을 사용하였다. 인장시험은 Table 2-1에서와 같이 제진 강판을 3가지로 분류하여 수행하였다. 제진 강판으로부터 분리된 SAE 1010 강판자체의 시험, SAE 1010 강판에 고무가 접촉된 시편의 시험, 그리고 제진 강판 자체의 시험을 실시하였다. 제진 강판(모델 18691)의 인장강도가 79 Kgf/mm²으로 일반 냉간 압연강판에 비해 아주 높은 것으로 나타났으며, 이의 주요 원인으로서는 제진 강판용 SAE 1010 소재가 완전 경화(full hard)된 소재로 인장강도가 88Kgf/mm²로 아주 높기 때문이다.

Table 2-1 Mechanical properties of anti-vibration sheet metal by tensile test

	Thickness (mm)	T.S (Kgf/mm ²)	Elongation (%)
Anti-vibration sheet metal	1.128	79	4
SAE1010+Rubber	0.476	74	5
SAE1010	0.394	88	3

2.3 실험 장치

실험에 사용한 프레스는 50ton 용량의 크랭크 프레스를 사용하였으며 이 프레스 사양에 맞도록 Fig. 2-2와 같은 금형을 설계 제작하였다.

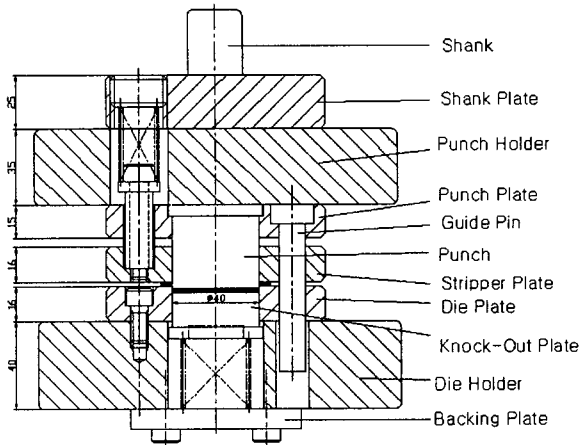


Fig. 2-2 Corss-section view of shearing die

제품 치수는 $\varnothing 40.02\text{mm}$ 이며, 재료두께 1.128mm 기준으로 틈새 1.8%, 4.5%, 7.5%를 적용하여 펀치 치수를 39.98mm, 39.92mm, 39.85mm 로 각각 제작하여 틈새효과를 분석하였다.

전단 가공시 스트립 (strip) 소재에 압력부가의 효과를 파악하기 위해 가동식 스트리퍼 판(movable stripper plate)을 기본으로 금형을 구성하고, 고정식 스트리퍼 판의 기능을 적용하기 위해서는 다이 상면에 1.5mm 두께의 스페이서를 삽입하여 스프링력이 스트립에 직접 작용되지 않도록 하였다. 다이 하형에는 다이 구조의 변화에 따른 가공 특성을 조사하기 위하여 다이내부에 녹아웃 플레이트를 사용하였으며 Fig. 3-3의 하부 배킹플레이트(backing Plate)와 녹아웃 플레이트, 스프링을 분리 제거하면 관통형 다이구조로 변환하여 녹아웃 플레이트의 유무에 따른 가공특성 영향을 조사할 수 있도록 하였다.

2.4 실험 조건 및 방법

Table 2-2 는 본 연구의 실험조건을 나타내는 표이다. 실험은 제품직경 40.02mm 를 기준으로 한 블랭킹 금형에서 틈새, 스트리퍼판 방식, 다이구조, 윤활유무, 소재의 장착방법 등을 변화시키면서 제진 강판의 전단가공 특성, 즉 절단면 형상, 치수 정밀도, 캠버 등에 대해 조사하여 최적의 전단가공 조건을 제시하고자 한다. 소재는 Fig. 2-3 과 같이 러버가 톱 또는 보텀의 위치에 따라 실험을 수행하고, 윤활은 블랭킹유(LG-caltex rando 46)의 사용유무에 따라 구분한다. 실험용 소재는 폭 50mm, 길이 500mm 의 스트립 재를 준비하여 크랭크 프레스에서 실험조건별로 실험하였다. 실험은 각 조건별 5 회씩 수행하여 이들 시편의

평균치를 실험 데이터로 취했다.

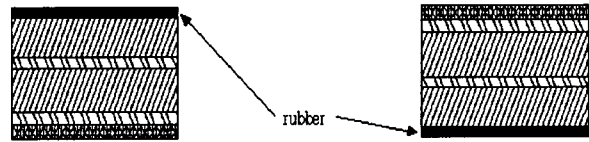


Fig. 2-3 Position of rubber layer in shearing of a workpieces

Table 2-2 Experimental condition for blanking

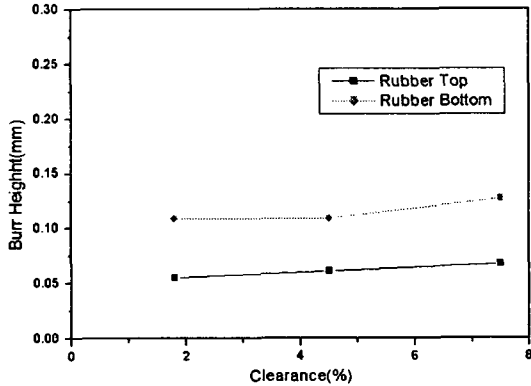
Types of stripper plate	Types of die plate	Lubrication	Position of rubber layer	Clearance (%)	Remark
Movable stripper plate	Push-back	Lubrication	Rubber top	1.8	Die : $\varnothing 40.02$ Punch : $\varnothing 39.98(1.8\%)$ $\varnothing 39.92(4.5\%)$ $\varnothing 39.85(7.5\%)$
	Drop-through				
Fixed stripper plate	Push-back	Non lubrication	Rubber bottom	7.5	Lubricating oil LG-caltex rando 46 (ISO VG 46)
	Drop-through				

3. 실험결과 및 고찰

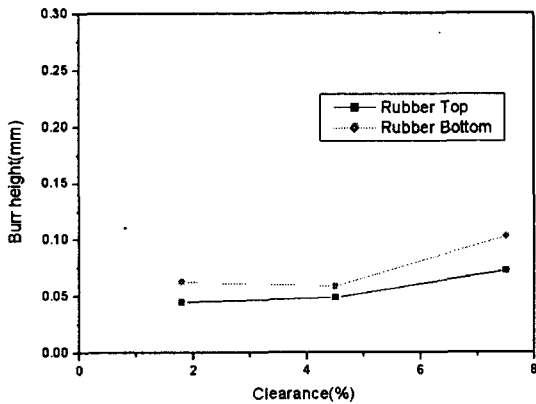
3.1 버의 측정 결과

러버 보텀 상태에서 Fig. 3-1 과 같이푸시백 다 이보다는 관통형 다이에서 버 높이가 0.03-0.05mm 낮게 나타났다. 고정식보다는 가동식 스트리퍼판을 사용할 때 버 높이가 다른 작업 조건에 관계없이 조금 높게 나타나고 있다. 즉 푸시백 다이와 가동식 스트리퍼판을 사용하게 되면 이들 부가 압력이 날끝 주위의 소재에 작용되어 균열 발생을 억제하고 소재의 연성을 증가시키는 효과가 발생하고, 이러한 이유로 인해 펀치 날끝 밀면의 소재와 펀치 측면의 소재가 더 연신되면서 과 단 되어 결국 버 높이를 증가시키게 된다. 또한 러버 위치에 따른 실험 결과를 보면 러버 보텀일 경우가 러버 톱일 때 보다 버가 0.02-0.05mm 크게 나타났는데, 이것은 제진 강판 소재 구성에서

이형 페이퍼가 러버보다 두께가 두꺼워 펀치 날 끝을 보다 더 무디게 하는 원인이 되어 버 높이를 높게 한다. 또한 소재의 러버 위치에 따른 버 높이가 관통형 다이보다 푸시백형 다이의 경우에 부가되는 압축력으로 인해 더 크게 차이나는 것도 함께 고려할 때 제품의 정밀도를 위해서는 러버 톱인 위치로 하여 전단하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.



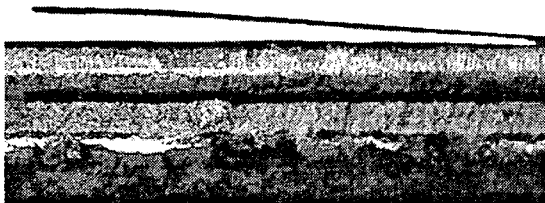
(a) Drop-through die



(b) Push back die

Fig. 3-1 Comparison burr height according to clearance and type of die(fixed stripper)

특히 관통형 다이, 가동식 스트리퍼판의 금형 틈새가 1.8%일 경우엔 Photo. 3-1 에서 보이는 바와 같이 종종 버 발생 면에 수염 부스러기 모양의 실버가 발생하여 제품 표면에 잔존하게 되어 제품 불량이 된다.



(a) Front view (70 x)



(b) Top view(70 x)

Photo. 3-1 Occurrence of burr on the sheared face at very small clearance (clearance 1.8%, movable stripper plate, drop-through die, rubber-top)

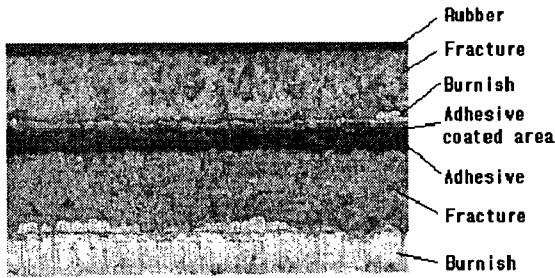
3.2 직경 측정 결과

제품 직경이 40.02mm 임을 고려할 때 본 연구에서 전단된 모든 시편은 작업 조건에 관계없이 다이 치수가 제품 치수보다 0.046-0.162mm 정도 크게 나타났다. 특히 시편이 러버 보텀인 상태의 제품이 스프링백 현상으로 인해 러버 톱의 제품보다 0.03-0.05mm 크게 나타났으며, 이와 같은 현상은 고정식 스트리퍼판 구조에서 실험한 Fig. 3-2의 결과에서도 똑같은 경향을 보이고 있다. 종합적으로 검토할 때 관통형 다이보다 푸시백 다이에서 보다 다이 치수에 근접한 치수 정밀도, 그리고 푸시백 다이 구조에서 고정식 스트리퍼판을 사용하면 틈새가 4.5%일 때 제일 정밀한 치수를 나타내고 있다.

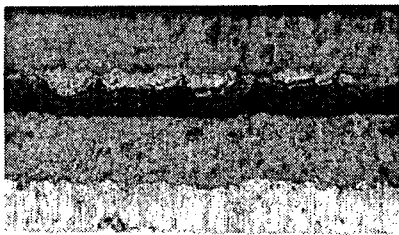
스트리퍼판 설계 방식은 다이 설계 방식만큼 큰 영향을 미치지 않고 있으며, 틈새가 증가할수록 제품 치수는 감소하다가 서서히 증가하고 있는 경향을 나타내고 있어 본 실험 대상인 제진강판의 전단 가공에는 최적의 틈새 조건이 나타남을 확인하였다.

Photo. 3-2 과 Photo. 3-3 는 러버 톱, 보텀 위치에 따라 절단면의 형상을 비교한 것이다. 러버 보텀의 경우 러버가 전단면의 일부를 덮고 있어 취출시 마찰력 증가로 녹아웃 하중이 증가되는 원인이 되고, 또한 블랭킹시 캠버 현상이 일어나는 밑면에 러버가 위치해 있어 스프링백 영향으로 제품 직경이 증가하는 원인이 된다. 푸시백형과 관통형을 비교하여 보면 푸시백형에서 중간층인 점착제의 두께가 블랭크의 상,하 운동에 의해 더 크게 나타나고 있다. 푸시백형에서는 전단면이 다이 측벽과의 마찰열이 증가하면서 점착제가 전단면

에 눌러 붙어 크게 보이고 있다. 또한 다이 측벽에도 점착제가 부착되어 있어 양산 적용 시에는 많은 문제점이 나타날 것으로 보인다.

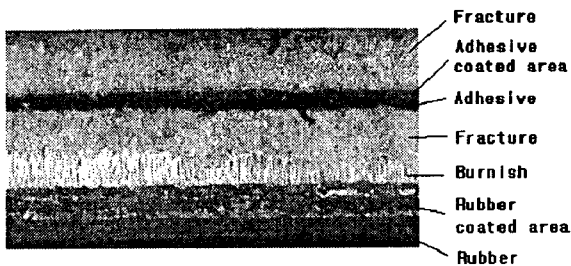


(a) Drop-through die

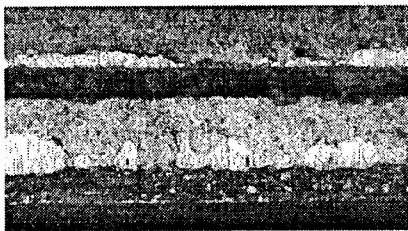


(b) Push-back die

Photo. 3-2 Comparison of sheared face in case of rubber-top position (clearance 4.5%, movable stripper plate)

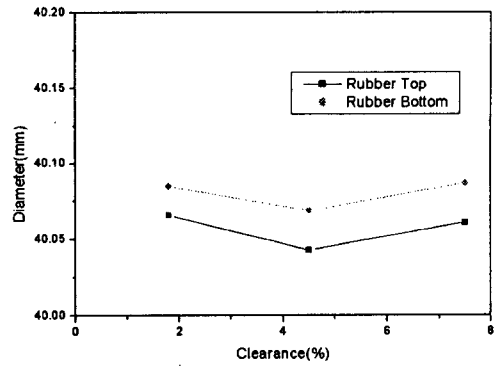


(a) Drop-through die

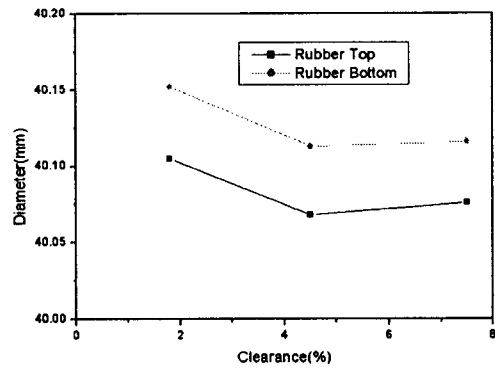


(b) Push-back die

Photo. 3-3 Comparison of sheared face in case of rubber-bottom position (clearance 4.5%, movable stripper plate)



(a) Drop-through die



(b) Push-back die

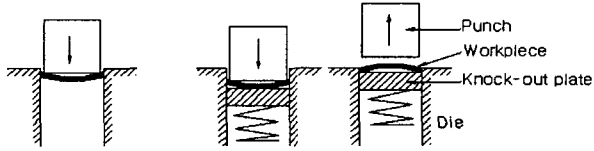
Fig. 3-2 Comparison of blank diameter according to clearance and types of die (fixed stripper plate)

3.3 캠버 측정 결과

Fig.3-3 은 다이 구조에 따른 캠버 현상을 보여 주고 있다. 관통형 다이에서는 일반 전단 방법의 일종으로 틈새와 전단 하중의 모멘트 영향으로 그림의 (a)와 같이 만곡 현상이 발생한다. 그리고 푸시백 다이에서도 녹아웃 하중이 크지 않을 경우엔 관통형보다 캠버가 줄어들면서 캠버 방향은 똑같은 방향을 나타내지만 본 연구에서와 같이 점착제가 다이 내벽에 부착된 경우에는 녹아웃 하중이 증가하게 그림의 (b)와 같은 역 캠버 (reverse camber) 현상이 나타난다.

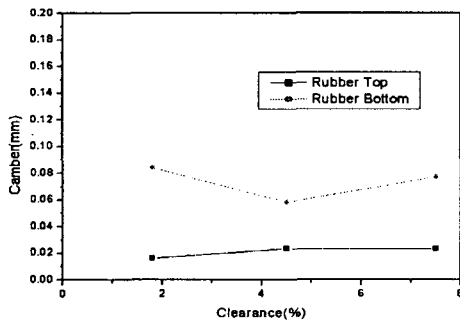
제품 직경 비교에서와 마찬가지로 러버 보텀일 때 캠버량이 더 높은 것으로 나타났다. 즉 버 높이, 치수 정밀도, 캠버 등을 종합 고려할 때 제진 강판의 전단은 러버를 틈 위치로 전단하는 것이 품질을 향상시킬 수 있는 것으로 확인되었다. 또한 관통형보다는 푸시백 다이에서 캠버량이 적은 것으로 나타났고, 틈새 증가에 따라 캠버량이 미

세하게 증가하고 있지만 10% 미만의 틈새 적용 시에는 틈새 영향이 적은 것으로 나타났다. 캬버량에 있어서도 펀치 날끝 면에 종이와 점착제 두께가 고무보다 두꺼워 철판을 누르면서 절단하게 되어, 관통형 러버 보텀일 경우에는 틈새 1.8%, 7.5%에서 캬버량이 크게 나타나고 있다.

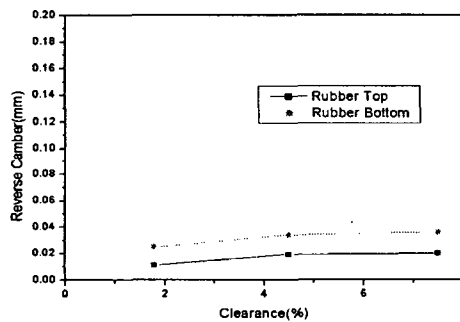


(a) Drop-through die (b) Push-back die

Fig. 3-3 Difference of deformation after blanking die



a) Drop-through die



(b) Push-back die

Fig. 3-4 Comparison of camber according to clearance and types of die (fixed stripper plate)

4. 결론

본 논문은 수지 복합 강판인 제진강판의 전단특성을 연구하고자 다이 직경 40.02mm의 블랭킹 금형을 사용하였다. 자동차 부품에 많이 사용되고 있는 제진강판을 실험대상으로 실험한 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 제품의 품질과 관련이 있는 버 높이에서 푸시백 다이와 가동식 스트리퍼판을 사용할 경우 소재에 가해지는 부가 압력이 날끝 주위의 소재에 작용되어 균열 발생을 억제하고 소재의 연성을 증가시키는 효과가 발생하여, 다른 작업 조건에 관계없이 버 높이가 조금 높게 나타났다.

2. 제품 품질에의 틈새 효과는 작은 것으로 나타났다지만 틈새가 증가하면 작업 조건에 관계없이 미세하게 증가하였다.

3. 윤활, 무윤활의 영향에 관한 실험 결과에서는 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 제진 강판의 전단시에는 점착제가 펀치, 다이 측벽에 눌러 붙게 되므로 금형의 마모, 수명 등을 위해선 적합한 윤활제 선택이 필요하다.

4. 제진강판의 직경 변화를 통한 정밀도 측정에서 시편이 러버 보텀인 상태의 제품이 러버 톱의 제품보다 0.03-0.05mm 크게 나타났으며, 직경 측정 결과를 종합적으로 검토할 때 푸시백 다이 구조에서 고정식 스트리퍼판을 사용하면서 틈새 4.5%일 때 제일 정밀한 치수를 나타내고 있다.

5. 캬버량의 경우에는 관통형보다는 푸시백 다이에서 캬버량이 적은 것으로 나타나고, 틈새의 증가에 따라 캬버량이 미세하게 증가하고 있지만 10% 미만의 틈새 적용 시에는 틈새 영향이 적은 것으로 나타나는 것을 알 수 있다.

6. 버 높이, 치수 정밀도, 캬버 등을 종합적으로 고려할 때 제진 강판의 전단은 러버를 톱 위치로 한 상태에서, 고정식 스트리퍼판과 푸시백 다이구조, 그리고 틈새 4.5%에서 전단 가공을 하는 것이 품질 향상을 위한 최적 조건으로 확인되었다.

참고문헌

[1] 前田禎三, 硯砒 剪斷加工の研究(1), 精密機械, Vol. 16, No. 3, pp. 70-77, 1950

[2] K. Maiti S., A. Ambekar A., P. Singh U., P. Date P. and K. Narasimha "Assessment of influence of some process parameters on sheet metal blanking", J. Mat. Proc. Tech., Vol. 102, No. 1, pp. 249-256, 2000.

[3] Masao Murakawa, Nobuhiro Koga, "Improvement of Sheared Surfaces of Sandwich Sheet Steel", JSTP Vol. 31 No. 354 pp. 929-934. 1990

[4] Susumu Yamasaki, Tatsuo Ozaki, "Shearing of Inclined Vibration Damping Steel Sheet", 日本塑性加工學會誌 第33卷 第378号, pp.844-849. 1992